

## 成果報告書

### サクラマス陸上養殖を対象とした養殖シミュレータの構築と実用性検討

北海道大学大学院水産科学研究院 高橋勇樹

#### 【背景・目的】

近年、道南地域においても、生食用サーモン養殖が着目されている。サケマス類養殖では、種苗生産は海面で行うことはできず、陸上養殖で生産する必要がある。しかし、陸上養殖はランニングコストが大きいことから、採算にあう種苗生産施設の運営が困難であった。養殖業における最大のコスト要因は餌料費である。養殖業においては、餌料コストは全体の6割近くを占め (Hasan, 2007)、このコスト軽減は経営的に重要な課題である。

本研究では、陸上養殖施設の運営を支援するために、木古内町で養殖試験が行われているサクラマス *Oncorhynchus masou* を対象として、「養殖シミュレータ」の構築を試みた。養殖シミュレータは、コンピュータ上の仮想空間で養殖を試行できるものであり、これにより、餌の量や頻度、水温といった任意の飼育条件を、コストをかけずかつ短時間で試行可能となる。

構築したシミュレータについて、飼育試験との比較による精度検証と、シミュレータを用いた飼育条件の最適化を行うことで、その実用性を検討することを本研究の目的とした。

#### 【方法】

##### (1) サクラマスを対象とした養殖シミュレータの構築

養殖シミュレータ(特許出願中：特願2021-119795)は、摂餌行動を含めた遊泳を再現する行動シミュレーション部と、摂餌量から成長量を算出する成長シミュレーション部からなり、これらを繰り返すことで、仮想空間上での飼育試験を可能となる。本研究では、サクラマスの遊泳行動と成長を再現するために、以下の項目について実験を行った。

**行動シミュレーション部のモデル構築** 本研究では、ステレオカメラによる3次元行動計測技術 (Komeyama et al., 2017) を用いて、サクラマスの遊泳速度・加速度を計測し、行動モデルのパラメータとして組み込んだ。行動計測は、魚体長24.0cmのサクラマスを対象として実施した。

**成長シミュレーション部のモデル構築** 成長シミュレーション部では、DEB (Dynamic Energy Budget) モデル (Koojiman, 2000) に基づき、サクラマスの成長量をモデル化する。ここでは、DEBモデルのパラメータ設定のために、サクラマスの飼育試験を行い、体重推移からDEBモデルのパラメータを決定した。なお、飼育試験は北海道大学七飯淡水実験所にて実施し、飼育期間は2022年3月30日～10月19日の203日間とし、期間中に定期的に体長・体重を計測した。

##### (2) 養殖シミュレータの実用性の検討

上記で構築したシミュレータについて、精度検証と飼育手法最適化の二つの観点から実用性の検討を行った。まず、精度検証については、七飯淡水実験所での体重計測結果と、シミュレーションによる体重推定値を比較することで、精度を検証した。飼育手法最適化については、魚体平均サイズが400 gに達するまでに発生する給餌コストを最小化できる給餌量を明らかにした。

#### 【結果】

**シミュレータの精度検証結果** サクラマスの遊泳速度の計測結果と、飼育試験による体重測定結果から、シミュレータのパラメータを決定し、サクラマスの飼育を再現できる養殖シミュレー

タを構築した。構築したシミュレータの様子を図1に示す。同図では、左図が飼育0日目、右図が飼育200日目の様子を示している。

続いて、同結果からサクラマス魚体重を抽出し、実験値と比較した（図2）。シミュレーションは、飼育初期段階（おおむね100日目まで）はよく一致したが、その後は、実験値を若干過剰評価する傾向が見られた。飼育実験終了時（203日目）のそれぞれの魚体重平均値を比較すると、実験値では78.1g、シミュレーションでは90.0g（誤差：13.3%）となった。

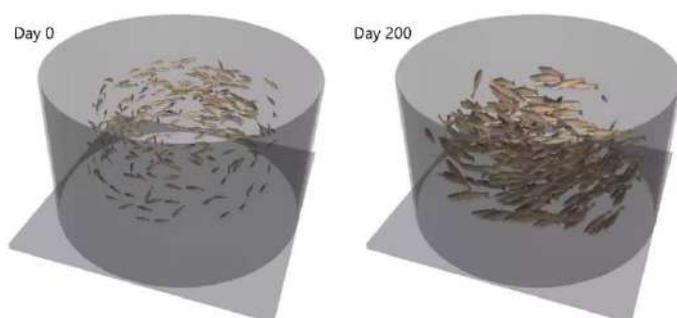


図1 構築したシミュレータの様子

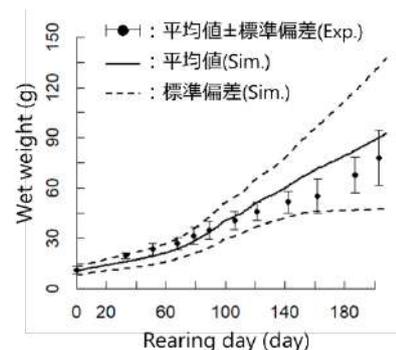


図2 魚体重の精度検証結果

**シミュレータを用いた飼育条件最適化** 構築したシミュレータを用いて、給餌量を体重の1.2～2.2%に設定し、飼育魚の体重平均値が400gに達する日数と、そこまでの給餌量をそれぞれ推定した(図3)。その結果、飼育期間が最も短くなったのは給餌量2.2%の時であり、その時の飼育日数は233日であった。給餌量1.2%では、600日間では400gに達しなかった。なお、給餌量が最も少なくなったのも給餌量2.2%の時であり、給餌量は1尾当たり435gとなった。

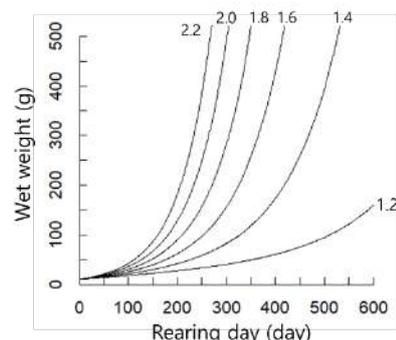


図3 給餌量を変更したときの成長履歴、図中の数字は給餌率

#### 【考察・まとめ】

本研究では、サクラマスを対象として、飼育設定に対して成長を再現できる養殖シミュレータを構築した。併せて、給餌量を変更してシミュレーションを実施することで、その飼育日数と合計の給餌量を明らかにした。今回の設定条件下では、給餌量を2.2%に設定した場合に給餌量が最も少なくなり、すなわち給餌コストが最も小さくなることが示唆された。

今後の課題としては、給餌コストに加えて、電気代や人件費等の陸上養殖に係る他の主要なコストを評価することで、陸上養殖の収益的な持続性を評価し、陸上養殖施設の拡大と意思決定に貢献できるものとする。

**【謝辞】** 飼育実験にご協力いただきました、七飯淡水実験所の皆様に感謝申し上げます。本研究は「公益財団法人南北海道学術振興財団助成事業」の助成を受けました。改めまして、ご支援いただきました公益財団法人南北海道学術振興財団に深謝の意を表します。